

연구논문

## 도시기후 형성 요소를 고려한 공간유형 분류 -창원시를 대상으로 -

송봉근 · 박경훈

창원대학교 환경공학과

(2011년 3월 8일 접수, 2011년 6월 2일 승인)

## The Classification of Spatial Patterns Considering Formation Parameters of Urban Climate - The case of Changwon city, South Korea -

Bonggeun Song · Kyunghun Park

Dept. of Environmental Engineering, Changwon National University

(Manuscript received 8 March 2011; accepted 2 June 2011)

### Abstract

The objective of this paper is to present a methodology for the classification of spatial patterns considering the parameters of urban form which play a significant role in the formation of the urban climate. The urban morphological parameters, i.e. building coverage, impervious pavement, vegetation, water, farmland and landuse types were used to classify the spatial patterns by a K-means cluster analysis. And the presented methodology was applied on Changwon city, South Korea. According to the results of cluster analysis, the total spatial patterns were classified as 24 patterns. First of all, The spatial patterns(A-1, A-2, A-3, B-1, B-2, B-3, C-1, C-2, C-3, D-1, D-2, D-3, E-1, E-2, E-3, F-1, F-2, F-3, G-1, G-2, G-3), which distributed in the rural area and the suburban area, can have the positive impacts of cold air generation and wind corridor on an urban climate environment, were distributed in the rural area. On the other hand, the spatial patterns of the downtown area including A-4, B-4, C-4 and D-4 are expected to have the negative impacts on urban climate owing to the of artificial heat emission or the wind flow obstruction. Finally, it will require the future research to analysis the climatic properties according to the same spatial patterns by the field survey.

Keywords : Urban Form, Spatial pattern, GIS, Urban Climate, Cluster Analysis

## 1. 서론

최근의 도시는 급격한 인구의 증가와 국지적인 개발로 인해 도시의 범위가 무분별하게 확장되고 있다. 이로 인해 불투수포장면, 건물 등과 같은 도시를 구성하는 공간요소들이 빠르게 변화하면서 도시기후가 형성되었고, 이에 따라 여러 가지 환경문제를 낳고 있다. 그 중 도시 내부지역에서 인공열 발생에 따른 열수지의 변화는 여름철의 열대야와 겨울철의 온난화, 국지적으로 야간의 도시열섬(Urban heat island)현상을 일으키면서(여인에, 2008) 도시민들의 생활환경에 악영향을 미칠 뿐만 아니라 전 지구적으로 기후문제를 초래하고 있는 실정이다. 국제사회에서는 이러한 도시의 성장패턴이 기후변화의 원인 중 하나로 인식하고 있으며, 도시공간요소별 기후적 특징을 파악하여 도시 및 환경계획 차원에서 이러한 문제를 해결해야 한다고 하였다.

도시공간은 다양한 피복형태와 건물 등의 공간요소들로 이루어져 있으며, 공간요소들마다 도시기후에 서로 다른 영향을 미친다(Grimmond *et al.*, 1999; Scherer *et al.*, 1999; Oke, 2006). 그 예로, 공간요소 중에서 아스팔트 도로와 콘크리트 건물 등과 같은 인공적인 공간요소는 바람의 교란현상과 인공열을 방출시키는 등 도시기후에 부정적인 영향을 미치는 반면, 논, 밭, 하천, 도시공원 등 자연적인 공간요소는 신선한 공기를 생성 및 정화하고 주변 온도를 조정하는 등 도시기후에 긍정적인 영향을 미친다(송영배, 2007).

국내외 선행연구를 통해 공간요소들이 도시기후에 미치는 영향에 대해 살펴보면 다음과 같다. 먼저 국외 선행연구의 경우, Steinecke(1999)는 아이슬란드의 Reykjavik 지역을 대상으로 도시중심부와 도시공원, 도시외곽지에서 온도와 습도, 풍속 등을 측정하였다. 그 결과, 수목과 초지의 자연적 공간요소로 피복되어있는 도시외곽지나 도시공원은 인공 구조물이 많은 분포하는 도시중심부 지역보다 바람의 교란이 적고, 기온이 낮으며, 대기질이 양호한 것으로 나타났다. 또한, Ellefsen *et al.*(1998)은 도

시기후형성 공간요소를 토지이용패턴과 건물 밀집도, 높이, 배치형태, 포장 재질, 수공간 등으로 구분하여 공간을 유형화하였으며, 유형별로 지표면의 거칠기, 공기의 흐름, 복사량이 상이하여 바람의 패턴과 온도가 다르다고 하였다. Eliasson *et al.*(2006)은 도시협곡지역을 대상으로 바람과 온도, 태양 복사량 등을 장기적으로 측정하였으며, 건물의 높이와 폭에 따라 공기 흐름이 가장 원활한 배치형태를 파악하고자 하였다. Davenport *et al.*(2000)은 도시기후를 형성하는 공간요소를 건물의 높이와 밀집도에 바탕을 두어 시가지와 도시외곽지의 바람의 흐름을 비교·분석하였으며, 시가지 지역에서 건물과 인공열의 방출로 인해 지표면의 거칠기가 크기 때문에 풍속이 낮다고 하였다.

국내의 선행연구에서는 송영배(2007)가 공간 구조상 건물이 밀집되고, 포장지가 많은 지역은 인공열의 대량 방출로 대기의 자연적 공기순환능력을 감소시키고 바람의 정체현상을 일으키지만, 산림과 하천, 자연나지가 많은 지역은 차고 신선한 공기가 형성되어 도시 내부의 공기순환을 활발하게 한다고 하였다. 또한, 여인에(2008)는 공간요소를 토지이용과 건물구조, 건물의 폭, 건폐율, 용적률 등으로 구분하여 통계적 방법을 통해 유형화하였으며, 도시기후 시뮬레이션을 통해 유형별로 기후적 특징을 분석하였다. 그 결과 도시구조 유형에 따라 온도, 풍속, 대류현열 등이 차이가 있음을 확인하였다.

이상과 같이 공간요소에 따라 다양한 기후적 특징이 나타남을 알 수 있으며, 도시기후형성 완화를 위해 이를 개발계획 단계에 반영하고자 노력하고 있다. 일본과 미국, 독일 등의 경우, 이러한 공간요소의 기후적 특징을 이용하여 기후현상의 대표성을 지니는 공간유형을 개발하고 있으며, 장기적인 모니터링에 의한 검증으로 개발계획에서 실질적으로 활용하는 단계에 이르고 있다. 하지만, 국내의 경우에는 도시기후에 대한 연구가 아직 초기단계에 있으며, 도시기후형성 문제를 개선하기 위해 도시환경의 공간화되어진 연구가 부족한 실정이어서 실제 도시 및 환경계획에 적용하는데 어려움을 겪을 것

으로 판단된다.

따라서 본 연구는 도시기후형성 문제를 개선하기 위해 개발계획차원에서 적극적으로 활용할 수 있는 도시공간유형분류기법을 개발하고자 하였으며, 분류결과를 바탕으로 도시의 전반적인 기후현황과 이를 개선하기 위한 방안에 대해 고찰하였다.

## II. 선행연구의 고찰

도시는 매우 복잡하고 다양한 피복형태와 공간패턴 등의 공간요소로 이루어져 있으며, 이들 공간요소마다 다양한 기후적 특징이 발생하여 도시기후를 형성하게 된다(Oke, 2006; Grimmond *et al.*, 1999). 그러므로, 도시공간유형을 분류하기 위해서는 우선 공간요소에 따라 발생하는 기후적 특징을 파악하는 것이 중요하며, 국내외 선행연구를 통해 도시기후형성에 영향을 미치는 공간요소를 파악하였다.

도시를 구성하는 공간요소 중에서 건물의 배치형태와 아스팔트, 콘크리트 등 인공적인 피복요소는 수분이 적어 건조함으로 태양 복사에너지에 의한 열 반응이 크게 나타난다. 그로 인해, 주간에는 표면 온도가 급증하여 대기의 기온을 상승시키고, 기류변화를 일으켜 도시의 자연적인 공기순환을 억제하기도 한다. 또한, 토지이용패턴에 따라서 에너지의 소비가 상이한데, 주거지역, 공업지역, 상업 및 업무지역 등 인구가 밀집되고, 도시화가 발달된 곳은 계절에 따라 냉·난방 시설을 가동하기 때문에 에너지 소비에 의한 인공열과 폐열의 방출이 많다. 그리고 교통량이 많고, 각종 산업시설이 밀집되어 있어 대기오염물질의 배출량도 많다. 따라서 이러한 공간요소는 도시기후문제를 유발하여 부정적인 영향을 미친다. 반면, 산림과 농경지, 나지 등 자연적인 공간요소들은 야간에 차고 신선한 공기가 형성되고, 대기오염정화, 주변의 온도조절 등 도시기후형성을 개선하는데 긍정적인 영향을 준다(Helbig

표 1. 도시기후 형성에 영향을 미치는 공간요소 파악을 위한 선행연구의 고찰

저자	연도	연구내용	공간요소					
			건물				피복요소	토지이용패턴
			밀집도	높이	재질	폭		
Ellefsen R.	1990	• 도시를 구성하는 건물의 위치와 크기, 높이, 밀집도 등이 풍속과 온도 등에 영향을 끼쳐 기후를 변화시킨다 • 도시의 다양한 피복특성을 유형화하여 기후적 특징을 파악함	●	●	●	●	●	●
Grimmond C. S. B. <i>et al.</i>	1999	• 도시의 건물형태(재질, 폭, 높이 등)에 따라 공기의 흐름을 분석하여 바람이 가장 원활한 형태를 파악함	●	●	●	●		
Scherer D. <i>et al.</i>	1999	• 도시기후와 도시건축물과의 상호관계를 파악하여 계획과정에서 기후문제를 해결할 수 있는 평가 및 분석방법 정립하고자 함	●	●	●	●		
Oke T. R.	2006	• 도시의 피복특성에 따라 장기모니터링을 실시하여 비슷한 기후특징을 나타내는 토지이용별로 유형화함 • 도시열섬현상을 완화하기 위해 도시계획에 유형별 기후특징을 활용함	●	●		●	●	●
Hamdi R. <i>et al.</i>	2008	• 도시열섬현상 완화를 위해 도시의 피복인자별로 기후요소(기온, 풍속, 습도, 일사량 등)들을 분석함					●	●
Edward N.	2009	• 도시 밀집지역의 바람흐름을 원활하게 하기 위한 건물의 배치 등 도시계획 상에서 정책 및 기술적 가이드라인 제시함	●	●		●		
여인에	2008	• 도시기후변화요소를 건물구조와 건물의 폭, 건폐율, 용적률 등으로 구분하여 통계기법인 요인분석과 군집분석으로 이를 유형화함 • 도시기후시뮬레이션 결과와 비교분석을 통해 유형별 기후적 특징을 분석함	●	●		●	●	●

et al., 1999; 송영배, 2007).

이상과 같이, 도시기후형성에 영향을 미치는 공간요소들은 건물의 밀집도와 높이, 재질, 폭, 토지이용형태 등인 것을 알 수 있고, 긍정적인 면과 부정적인 면으로 기후에 영향을 미침을 알 수 있다. 따라서 이러한 공간요소별 특징을 바탕으로 도시기후 형성을 개선할 수 있는 방안이 마련되어야 할 것으로 보이고, 개발계획단계에서 객관적이고 전문적으로 활용가능한 공간요소의 유형분류가 필요할 것으로 사료된다.

### III. 연구방법

#### 1. 연구의 대상지

본 연구의 대상지는 경상남도 창원시로서 2010년 8월 인접도시인 마산시, 진해시와 통합되기 이전인 지금의 성산구와 의창구 지역을 대상으로 하였다(그림 1 참조). 통합 이전의 창원시는 인구 약 50만 명이 거주하는 중규모의 도시이며, 북으로는 대규모 시설농경지와 산림이 많이 분포하고 있고, 남으로는 공업과 주거, 상업이 밀집되어 있는 도시화 지역으로 구분되어 있다. 그리고 지형적으로는 도시화지역을 중심으로 서북쪽의 천주산(656m), 동쪽의 정병산(567m), 남동쪽의 불모산(802m), 남쪽의

장복산(566m)과 팔용산(328m) 등이 위치해 분지 형태를 띠고 있으며, 서쪽으로는 마산만이 위치하고 있다.

과거 창원시는 1974년 국가의 중화학기계공업 육성 정책에 의해 산업기지 개발촉진구역으로 고시된 이후 시로 승격한 1980년에 12만 명에 불과했던 인구가 급격히 증가하게 되었으며, 부족한 주거 공간 확충과 교통난 해소를 위한 도시개발 및 도시 확산을 가져왔다. 이로 인해, 고층 아파트와 주거단지가 밀집되어 조성됨으로서 콘크리트와 아스팔트 등의 인공피복재질에 의한 열 방출이 많아지고, 또한 바람정체 현상 등이 발생하면서 도시열섬현상과 대기오염문제 등의 도시환경문제를 야기하고 있다. 따라서 도시개발계획 차원에서 도시환경문제를 개선할 수 있는 방안이 마련되어야 할 것으로 보이며, 객관적이고 전문적으로 활용할 수 있는 기초자료가 필요할 것으로 사료된다.

#### 2. 연구수행과정

본 연구의 과정은 그림 2와 같다. 먼저, 선행연구를 고찰하여 도시기후형성에 영향을 미치는 공간요소를 파악하고, 토지이용도와 토지피복도의 기초자료를 구축하였다. 공간요소는 자료구축의 한계로 인해 토지이용도에서는 주거지역, 상업지역, 공업



그림 1. 연구대상지

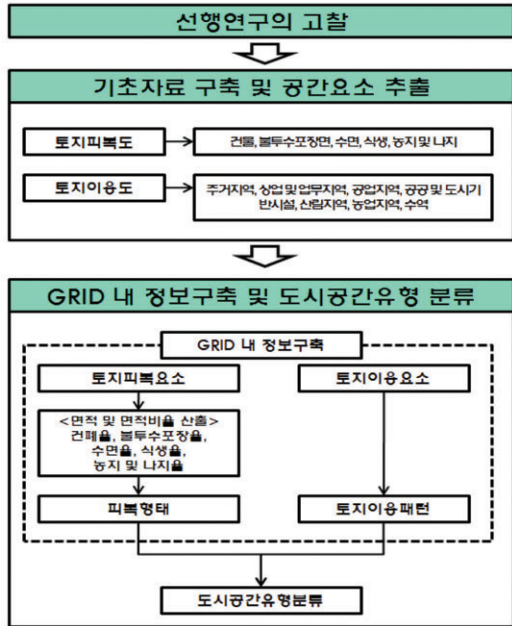


그림 2. 연구수행과정

지역, 산림지역 등 총 7개의 토지이용속성을 재분류하였고, 토지피복도는 건물, 불투수포장면, 수면, 식생, 농지 및 나지로 5가지의 피복요소를 추출하였다. 추출된 공간요소는 GIS프로그램을 이용하여 GRID 내에 정보를 구축하였는데, 토지피복요소는 각 요소별 면적 및 면적비율을 산출하였고, 토지이용요소는 GRID 내에 대표되는 토지이용속성을 분석하였다.

이상과 같이, GRID 내에 구축된 공간요소의 정보를 바탕으로 도시공간유형을 분류하였다. 도시공간유형은 선행연구의 고찰을 통해 도시기후 형성에 영향을 미치는 공간요인인 토지이용패턴과 피복형태를 반영하고자 하였다. 이를 위해 피복형태는 피복요소별 면적율을 이용하여 통계적 기법으로 분류하고, 토지이용패턴은 앞서 GRID 내에 대표되는 토지이용속성 분석결과를 활용하여 최종적으로 도시공간유형을 분류하였다. 또한, 선행연구를 통해 도시공간유형별 특징을 바탕으로 도시기후에 미치는 영향을 분석하여 도시의 전반적인 기후환경을 파악하였다.

### 3. 분석방법

#### 1) 기초자료구축 및 공간요소 추출

본 연구에서는 공간요소의 추출을 위해 1:1,000 축척의 토지이용도와 토지피복도의 기초자료를 구축하였다. 토지이용도와 토지피복도는 원자료인 수치지형도 2.0을 구조화 편집하고, 공간 해상도 10cm의 항공사진 정사영상과 연속지적도, 도시 관리계획도 등을 참조하여 분류체계에 따라 속성자료를 입력하였으며, 현장조사를 통해 결과 검증을 실시하여 구축하였다. 토지피복항목은 인공성 및 자연성, 불투수 및 투수성 포장면, 녹지 등을 고려하여 총 38개로 분류하였으며, 토지이용항목은 2개의 대분류군과 15개의 중분류, 59개의 소분류로 유형화하였다(창원시, 2009). 공간요소의 추출은 토지이용도의 중분류와 세분류의 속성을 이용하여 주거지역, 상업 및 업무지역, 공업지역, 공공 및 도시기반시설지역, 산림지역, 농업지역, 수역으로 재분류하였고, 피복요소는 토지피복도의 세분류 속성을 활용하여 건물, 불투수포장면, 수면, 농지·나지, 식생을 추출하였다.

#### 2) GRID 내 정보구축 및 도시공간유형 분류

도시공간유형은 GRID 내에 공간요소를 구축하여 통계적 기법으로 분류하고자 하였다. 이를 위해 우선 ArcGIS 9.2의 HawthTools Extension을 이용하여 GRID를 나누었으며, 도시의 일정 단위를 결정함에 있어 GRID의 크기는 수백m 정도가 적당하다는 연구 결과를 근거로 그 크기를 200m로 정하였다(여인애, 2008). GRID 내 정보구축에서 피복요소의 경우, 공간요소별 면적비율을 산출하였고, 통계 프로그램인 SPSS v.17.0으로 K-평균 군집분석을 실시하여 피복형태를 분류하였다. 입력변수는 피복요소의 면적비율인 건폐율과 불투수포장률, 농지 및 나지율, 식생률, 수면율로 하였고, 군집의 수는 여러 가지 경우의 수를 두어 피복특성이 잘 반영되는 적합한 개수로 선정하였다. 토지이용패턴은 Arc/Info 9.2의 Zonal statistic 기능으로 각각의 GRID 내에서 대표되는 토지이용속성을 분석하였으

며, 최종적으로 GRID 내에 구축된 피복형태와 토지 이용패턴을 바탕으로 도시공간유형을 분류하였다.

#### IV. 연구결과 및 고찰

##### 1. 기초자료구축 및 공간요소 추출 결과

토지피복도와 토지이용도를 구축한 결과는 그림 3과 그림 4와 같다. 토지피복도를 살펴보면, 도시지역은 대부분 건물과 불투수포장도로 등 인공열 방출이 많은 요소들이 분포하는 것을 알 수 있으며,

반면에 도시외곽지는 산림과 농지 및 나지, 하천 등 자연적인 요소들이 위치하고 있었다. 토지이용도에서는 주거지역과 상업 및 업무지역, 공업지역 등이 도시지역에 밀집되어 있고, 도시지역 주변에 산림지역과 농업지역 등이 분포하고 있다.

기초자료를 바탕으로 도시기후형성에 영향을 미치는 공간요소를 추출한 결과, 피복요소에서는 식생이 창원시 전체면적 중에서 50.14%로 가장 많았고, 다음으로 농지 및 나지의 면적이 24.62%로 나타났다. 가장 작은 면적은 수면으로 16.98km<sup>2</sup>를 차

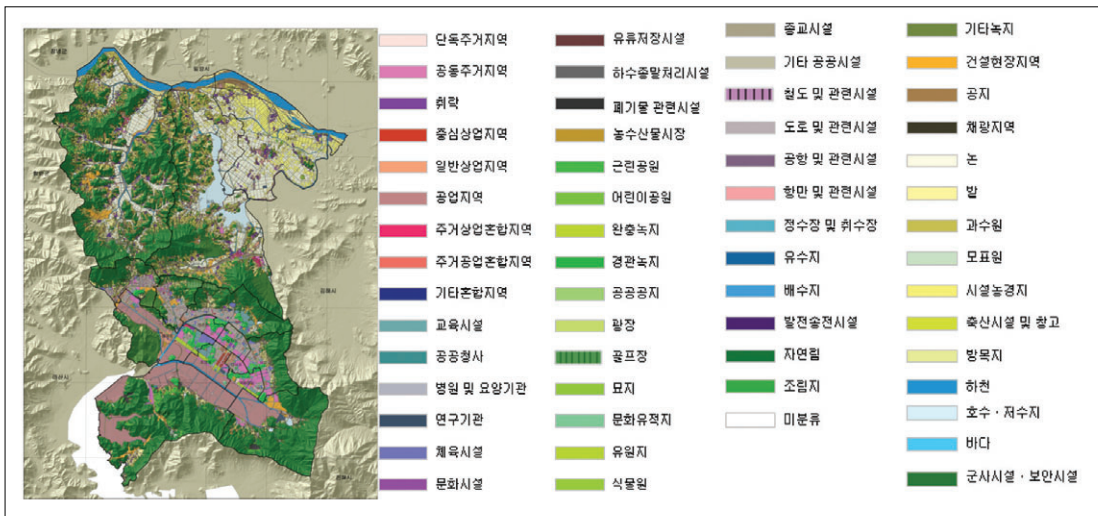


그림 3. 토지이용도

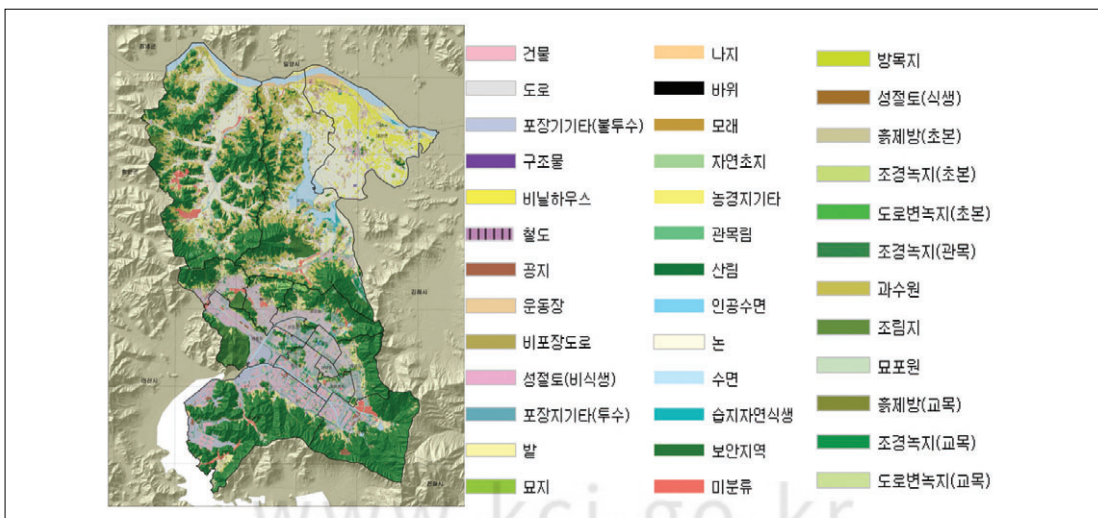


그림 4. 토지피복도

표 2. 토지피복 재분류결과

토지피복속성		면적(km <sup>2</sup> )	면적율(%)
불투수포	건물	15.24	5.16
장면	건물제외	42.38	14.34
농경지/나지		72.79	24.62
식생		148.21	50.14
수면		16.98	5.74
계		295.6	100

표 3. 토지이용 재분류결과

토지이용속성	면적(km <sup>2</sup> )	면적율(%)
주거지역	14.54	4.92
상업/업무지역	2.30	0.78
공업지역	19.63	6.64
공공/도시기반시설	29.52	9.98
산림지역	117.30	39.68
농업/나지지역	94.50	31.97
하천지역	17.82	6.03
계	295.6	100

지하고 있으며, 도시기후에 부정적인 영향을 미치는 불투수포장면은 19.50%로 분석되었다(표 2 참조). 토지이용의 재분류 결과, 산림지역이 117.30km<sup>2</sup>로 전체면적 중 39.68%의 많은 면적을 차지하고 있었고, 다음으로 농업 및 나지지역이 31.97%로 나타났다. 가장 적은 면적을 차지하는 속성은 상업 및 업무지역으로 전체면적 중 0.78%로 확인되었다(표 3 참조).

## 2. GRID 내 정보 구축

### 1) 피복형태 분석결과

GRID 내에 토지피복요소의 면적비율 분석결과를 이용하여 K-평균군집분석을 실시한 결과는 표

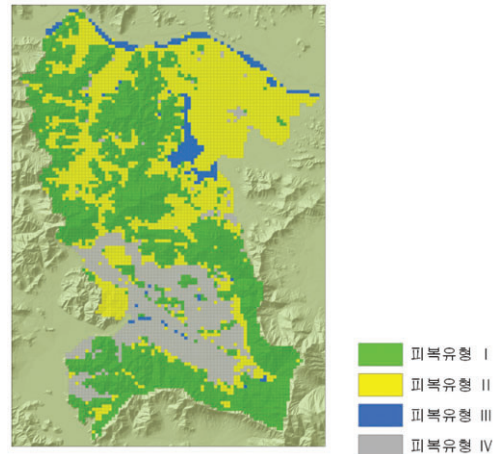


그림 5. 피복형태 분석결과

4와 같으며, 군집의 수는 군집 간 피복특성이 가장 이질적으로 나타나는 4개로 선정하였다. 피복형태 I은 전체 GRID 수 중 가장 많은 46.16%로 분석되었고, 식생이 차지하는 면적이 많고 주로 산림지역에 위치하는 유형인 것으로 나타났다. 피복형태 II은 피복속성 중에서 농지 및 나지의 면적이 우세하고, 식생이 다소 존재하여 대체로 농경지에 분포하고 있으며, 일부 산림과 농경지의 경계부에도 위치하는 것으로 확인되었다. GRID 수는 2,439개로 전체 면적 중에서 34.65%를 차지하고 있다. 피복형태 III은 GRID 수가 244개로 가장 적은 것으로 분석되었고, 주로 하천과 저수지에 분포하는 것으로 나타났다. 피복형태 IV은 피복요소 중 인공적인 요소인 건물과 불투수포장이 많은 유형으로 대부분 도시지역에 분포하고 있으며, 전체 면적 중 15.73%를 차지하고 있다(그림 5 참조).

표 4. 토지피복속성 군집분석 결과

구분 피복형태	전체		피복속성				
	GRID 수	비율(%)	건폐율	포장율	식생율	농지/나지율	수면율
피복형태 I	3,249	46.16	0.56	2.83	87.18	8.49	0.51
피복형태 II	2,439	34.65	2.21	10.22	14.81	52.81	4.33
피복형태 III	244	3.47	0.50	3.04	3.08	10.38	82.59
피복형태 IV	1,107	15.73	27.23	74.46	12.96	7.10	3.27
계	7,039	100	-	-	-	-	-

표 5. 토지이용패턴별 GRID 수와 비율

토지이용패턴	구분	전체	
		GRID 수	비율(%)
주거지역		351	4.99
상업 및 업무지역		56	0.80
공공 및 도시기반시설지역		694	9.86
공업지역		468	6.65
산림지역		2,748	39.04
농업 및 나지지역		2,343	33.29
하천 및 호수지역		379	5.38
계		7,039	100

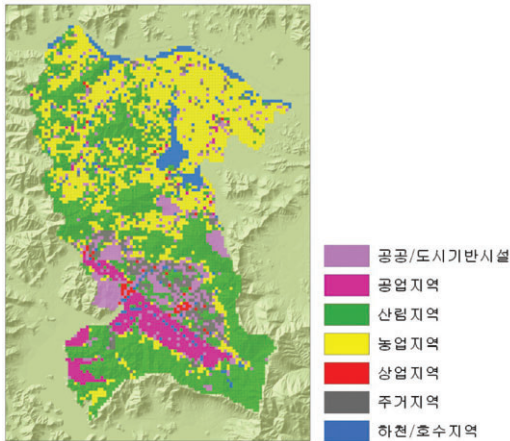


그림 6. 토지이용패턴 분석결과

### 2) 토지이용패턴 분석결과

토지이용패턴을 분류한 결과는 그림 6과 표 5와 같다. 전체 면적 중 산림지역이 39.04%로 가장 많은 것으로 나타났고, 주로 도시지역 가장자리와 도시지역 일부 공원에 분포하고 있었다. 다음으로 농업 및 나지지역이 GRID 수 2,323개로 분석되었고, 대산면과 북면의 시설농경지역과 산림과 농업지역의 경계부에 위치하고 있었다. 주거지역, 공업지역, 상업 및 업무지역 등 도시화를 이루는 토지이용형태는 주로 도시지역에 국한되어 집중적으로 분포하고 있으며, 그 중에서 공공 및 도시기반시설지역이 9.86%로 가장 많았고, 상업 및 업무지역이 GRID 수 56개로 가장 적은 것으로 분석되었다. 한편, 하천 및 호수지역은 379개의 GRID 수로 전체 면적 중에서 5.38%를 차지하고 있었으며, 대부분 주남저수지와 낙동강에 분포하고 있었다.

### 3. 도시공간유형 분류결과

피복형태와 토지이용패턴을 바탕으로 도시공간유형을 분류한 결과는 그림 7과 표 6과 같으며, A-3, B-1, B-3, D-3 유형을 제외한 총 24개의 유형으로 분류되었다. 24개의 유형은 토지이용패턴에

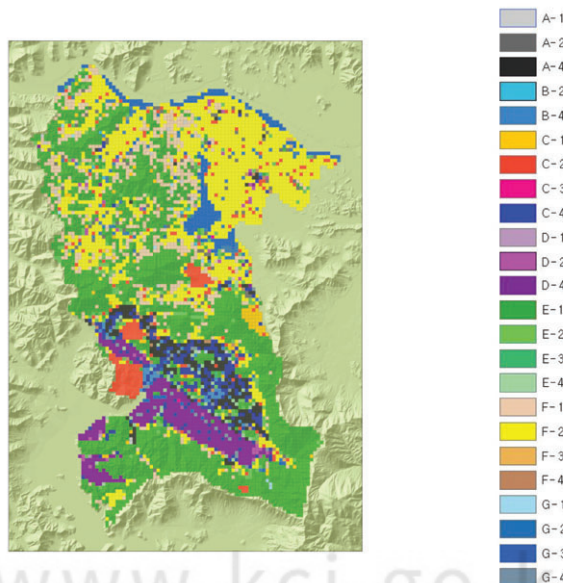


그림 7. 도시공간유형 분류결과

따라 피복형태가 다른 것으로 나타났는데, 이는 유형에 따라 산업활동 등에 의한 에너지의 방출이 다르고, 열 축적과 바람패턴의 특징 등이 구분될 것으로 사료된다. 예를 들어, 주거지역 토지이용의 경우, 여름철 에어컨 등에 의한 에너지 소비가 다른 토지이용에 비해 많아 폐열 등의 방출이 많을 것이고, 또한 피복형태에 따라 식생과, 건폐율, 포장률 등이 상이하여 바람의 유동과 열 축적이 것이 다른 유형과 달라 기후에 미치는 영향도 틀릴 것으로 판단된다. 따라서 선행연구를 고찰하여 도시공간유형별 기후적 특징에 의해 도시기후에 미치는 긍정적인 영향과 부정적인 영향을 살펴보면 다음과 같다.

### 1) 긍정적인 영향을 미치는 도시공간유형

도시기후에 긍정적인 영향을 미치는 요인은 녹지와 수역 등 자연적인 피복요소에 의해 야간에 차고 신선한 공기가 생성되어 바람을 형성하고, 인공열을 흡수하여 도시열섬현상을 완화하는 것 등이 있다. 따라서 이러한 피복요소를 나타내는 A-1, A-2, A-3, B-1, B-2, B-3, C-1, C-2, C-3, D-1, D-2, D-3, E-1, E-2, E-3, F-1, F-2, F-3, G-1, G-2, G-3이 도시기후에 긍정적인 영향을 미치는 도시공간유형일 것으로 판단된다. 이 유형들은 주로 도시외곽지역에 분포하고 있으며, 지형적 특징에 따라 도시지역으로 차고 신선한 바람이 유입될 것으로 판단된다.

그 중에서 E-1, F-1, G-1 유형은 식생이 많이 분포하고 있어 찬 공기 발생량도 많고, 대기오염 정화능력이 뛰어나지만, 수목에 의해 풍속이 다소 감소되는 경향이 있다(Stadt Stuttgart, 1998). 반면에, 농지와 나지가 많은 E-2, F-2, G-2 유형은 평탄지이고, 바람을 방해하는 장애요인이 없어 바람의 이동성이 가장 양호한 유형이므로(서울시정개발연구원, 2001), 도시의 바람을 형성하고 공기순환을 촉진시키는데 유용한 공간유형일 것으로 판단된다. 그리고 E-3, F-3, G-3은 대부분 호수나, 하천, 저수지에 분포하는 유형으로 물에 의해 주변지역의 기온을 보정하고 조절하는 작용을 하며, 차고 신선한 공기의 저장역할을 한다(송영배, 2007; 송

봉근과 박경훈, 2010).

한편, A-1, A-2, A-3, B-1, B-2, B-3, C-1, C-2, C-3, D-1, D-2, D-3 유형은 공간분포를 봤을 때, 주로 도시지역과 도시외곽지역의 경계부에 위치하고 있었다. 따라서 이러한 유형들이 나타내는 지역은 도시의 공기순환성 향상을 위한 바람길 조성 시에 매우 중요한 지역이기 때문에 지표면의 바람 저항을 줄이고, 식생과 자연나지 등을 배치하여 바람을 유도할 수 있도록 공간개선이 필요할 것으로 생각된다.

### 2) 부정적인 영향을 미치는 도시공간유형

도시기후에 긍정적인 영향을 미치는 유형을 제외한 A-4, B-4, C-4, D-4 유형은 피복특성상 녹지와 나지 등 자연적인 요소가 적고, 인공적인 요소인 건폐율과 불투수포장률이 높은 유형이다 따라서 이 유형들은 인공열의 방출과 폐열의 발생으로 도시의 온도를 상승시켜 도시열섬이 형성되는데 주원인이 되고, 공기의 대류현상을 억제하여 도시의 자연적인 공기순환성을 약화시키므로 도시기후에 부정적인 영향을 미친다(송영배, 2007).

그 중에서 A-4는 밀집된 주거지역에 분포하는 유형으로, 건축물이 차지하는 공간면적인 건폐율과 용적율이 매우 높기 때문에 대기온도 및 지표면 온도가 크게 상승한다. 또한, 가정에서의 집중적인 에너지 소비와 폐열발생도 기온상승에 영향을 주며, 아파트와 같은 공동주거지역의 고층건물에 의한 대류방해로 인해 열섬현상과 대기정체현상의 일으며 대기환경에 악영향을 미친다. B-4 유형은 주로 중심상업지역과 업무지역에 분포하고 있으며, 고층건물이 밀집되어있고, 교통량이 많은 지역이다. 따라서 자동차에 의한 폐열과 대기오염물질의 배출량이 많고, 바람장 변화와 교란이 심하게 발생하며, 건물과 건물사이의 제트기류 발생으로 소용돌이와 거센 바람이 빈번히 형성된다. C-4는 관공서나 교통시설 등 공공 및 도시기반시설지역에 분포하는 유형으로 비교적 건물의 밀집도가 낮아 바람의 교란현상은 적지만, 교통량이 많고 인공열 방출이 많은 유형이다. 공장이 밀집된 지역에 분포하는 D-4유형

표 6. 도시공간유형 분류결과

토지이용패턴	피복형태	코드	GRID 수	비율(%)	단면도	항공 사진	
주거지역(A)	1	A-1	20	0.25			
	2	A-2	76	1.08			
	3	A-3	0	0			
	4	A-4	255	3.62		A-1	A-4
상업, 업무지역(B)	1	B-1	0	0			
	2	B-2	6	0.09			
	3	B-3	0	0			
	4	B-4	50	0.71		B-1	B-4
공공 및 도시기반 시설지역(C)	1	C-1	104	1.48			
	2	C-2	313	4.45			
	3	C-3	2	0.03			
	4	C-4	275	3.91		C-1	C-4
공업지역(D)	1	D-1	4	0.06			
	2	D-2	48	0.68			
	3	D-3	0	0			
	4	D-4	416	5.91		D-1	D-4
산림지역(E)	1	E-1	2,502	35.54			
	2	E-2	195	2.77			
	3	E-3	3	0.04			
	4	E-4	48	0.68		E-1	E-4
농촌지역(F)	1	F-1	606	8.61			
	2	F-2	1,701	24.17			
	3	F-3	6	0.09			
	4	F-4	30	0.43		F-1	F-4
하천 및 호수지역(G)	1	G-1	12	0.17			
	2	G-2	101	1.43			
	3	G-3	232	3.30			
	4	G-4	34	0.48		G-1	G-4
계	7,039	100	-	-			

: 건물, : 식생, : 농지 및 나지, : 수면

은 주간에는 생산 작업 및 생산과정에 필요한 가열 현상이 발생하며, 야간에는 주변의 지표면 포장으로 인한 열들이 방출되어 도시열섬형성에 영향을 미친다. 또한, 고층은 아니지만 넓은 용적을 가진 대형 건축물과 산업시설물의 높은 온도로 상승기류가 발생되어 바람장을 변화시킨다(송영배, 2007; Oke, 2006).

이상과 같이 도시공간유형은 공간적 특징에 따라 도시기후에 미치는 영향이 다른 것으로 나타났으며, 창원시의 토지이용패턴과 토지피복특성상 긍정

적인 영향을 미치는 유형들은 도시외곽지역에 분포하고 있지만, 부정적인 영향의 공간유형은 도시지역에 밀집되게 분포하고 있어 도시열섬현상과 대기오염 등 도시기후문제를 가중시킬 것으로 판단할 수 있다. 따라서 도시지역에 긍정적인 영향을 미치는 공간유형을 배치하여 기후문제를 개선해야 할 것으로 사료되고, 이와 더불어 도시외곽지역에서 형성되는 차고 신선한 바람을 지속적으로 유입시킬 수 있도록 공간유형을 조성하여 도시의 공기 순환성을 향상시킬 필요가 있다. 또한, 이러한 연구결과

는 도시계획 수립 시 공간을 효율적으로 활용할 수 있을 것이며, 도시기후형성 완화 효과를 극대화 할 수 있을 것으로 판단된다.

## V. 결론

본 연구는 도시기후형성을 완화하기 위해 개발계획차원에서 공간개발을 효율적으로 할 수 있는 방안을 마련하고자 하였으며, 이를 위해 선행연구를 고찰하여 도시기후형성을 일으키는 공간요소를 파악하였다. 공간요소는 토지피복도와 토지이용도의 기초자료를 활용하였고, 자료구축의 한계로 인해 토지피복도에서는 건물, 불투수포장면, 식생 등 5개와 토지이용도는 주거지역, 상업 및 업무지역, 산림지역 등 7개를 추출하여 총 12개의 공간요소를 추출하였다. 추출된 공간요소는 공간해상도 200m의 GRID 내에 구축하였으며, GIS 및 통계적 기법을 통해 피복형태와 토지이용패턴으로 구분하여 도시공간유형을 분류하였다. 연구결과는 다음과 같다.

먼저, 피복형태는 총 4가지로 분류하였다. 피복형태 I은 식생이 많은 지역으로 전체면적 중 46.16%로 가장 많았고, 피복형태 II은 농지 및 나지가 많은 지역으로 GRID 수가 2,439개로 분석되었다. 피복형태 III은 하천 및 저수지에 주로 분포하고 있으며, 가장 적은 면적인 3.47%로 나타났다. 피복형태 IV은 건물과 불투수포장면이 많은 지역으로 주로 도시지역에 분포하였다. 다음으로 토지이용패턴을 분류한 결과, 주거지역은 4.99%로 도시지역과 농촌 일부지역에 분포하고 있다. 상업 및 업무지역은 0.80%로 면적이 가장 적은 것으로 나타났고, 공공 및 도시기반시설지역은 9.86%로 분석되었다. 공업지역은 6.65%로 공단지역에 대규모로 밀집되어 있었다. 산림지역은 39.04%로 가장 많은 면적을 차지하고 있으며, 도시지역 주위를 둘러싸며 위치하고 있었다. 농업 및 나지지역은 33.29%로 대산면과 동읍 일대의 대규모 시설농경지 지역에 분포하고 있으며, 하천 및 호수지역은 5.38%로 비교적 적은 면적으로 나타났다.

이와 같은 결과를 바탕으로 도시공간유형을 분류한 결과, 본 연구에서는 총 24개의 유형으로 분류되었다. 유형별로 도시기후에 미치는 영향에 대해 긍정적인 면과 부정적인 영향으로 구분하여 살펴보면 먼저, 긍정적인 영향을 미치는 공간유형은 총 20개의 유형으로 주로 도시외곽지에 분포하고 있으며, 야간에 차고 신선한 공기가 생성되어 지형적 특징에 따라 도시지역으로 유입될 것으로 판단된다. 그중 A-1, A-2, A-3, B-1, B-2, B-3, C-1, C-2, C-3, D-1, D-2, D-3 유형은 주로 도시지역과 도시외곽지역의 경계부에 위치하고 있어 도시의 공기순환을 향상시키기 위한 바람길 조성시 매우 중요한 지역이므로, 도시계획차원에서 적절한 관리방안이 필요할 것으로 사료된다. 반면에, 도시기후에 부정적인 영향을 미치는 공간유형은 A-4, B-4, C-4, D-4로 분석되었다. 이 유형들은 녹지 및 나지 등 자연적인 공간요소가 적고, 건물과 불투수포장면이 밀집되어 있어 바람의 교란현상이 빈번히 발생할 것으로 판단되고, 인공열과 각종 폐열의 방출로 인해 도시열섬현상의 주원인이 될 것으로 사료된다. 또한, 차량과 공장 등에서 배출되는 대기오염물질이 정화되지 못하고 정체현상을 일으키기도 하여 이를 개선할 수 있는 방안이 필요하다.

이상의 결과에서와 같이 도시공간유형은 공간특성에 따라 도시기후에 다양한 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 또한, 공간유형별 분포현황을 보았을 때, 도시기후에 긍정적인 영향을 미치는 유형들은 주로 도시외곽에 위치하고 있으며, 반대로 부정적인 영향의 유형들은 도시지역에 밀집되어 분포하고 있다. 따라서 유형별 기후적 특성을 고려하면 야간에 도시외곽지에서 차고 신선한 바람이 형성되며, 산 계곡지역을 따라 도시지역으로 유입될 것으로 판단된다. 하지만, 도시지역은 건축물과 인공열에 의한 대기교란현상으로 지속적인 바람의 유입은 어려울 것으로 보여 도시지역은 대기오염물질의 축적과 도시열섬현상이 가중될 것으로 생각된다. 따라서 이러한 문제를 개선하기 위해 도시계획차원에서 각 유형에 적합한 관리방안이 제시되어야 할 것이

다. 예를 들어, 차고 신선한 바람이 유입되는 지역에 건축물 밀도가 높은 유형을 배치하기 보다는 녹지가 풍부하고, 건물 밀도가 낮은 유형을 조성하여 바람의 저항을 줄일 수 있을 것이다. 또한, 도시지역의 일정면적 이상의 녹지를 조성함으로써 주변의 온도를 조절하고, 바람을 유도할 수 있는 방안도 있다. 따라서 이러한 분석결과는 향후 신도시 개발지역이나, 도시 재개발지역에 도시계획을 수립하고자 할 때 도시기후형성을 완화할 수 있는 도시계획 및 환경계획의 기초자료가 될 것으로 사료된다. 아울러, 추후에는 본 연구의 방법을 바탕으로 타 지역의 도시환경구조나 기후적 특징, 실제 기상자료 등을 반영하여 실질적으로 활용될 수 있는 방법론 체계를 마련할 계획이다.

### 참고문헌

- 송봉근, 박경훈, 2010, 기후생태적 기능을 고려한 찬공기 생성지역 분석, 한국지리정보학회 13(1), 114-127.
- 송영배, 2007, 건강도시를 위한 기후환경계획 바람 통로 계획과 설계 방법, 그린토마토, 2-72.
- 서울시정개발연구원, 2001, 서울시 도시기후지도 제작 구축연구(1차년도), 78-85.
- 여인애, 2008, 부산시 해운대구의 환경지리정보 구축 및 열환경 평가, 부산대학교 대학원 건축공학과 석사학위논문, 1.
- 창원시, 2009, 창원시 환경지도 제작 및 GIS 구축 연구보고서, 73-113.
- Davenport A. G., Grimmond C. S. B., Oke Tim R., Wieringa J., 2000, Estimating the roughness of cities and sheltered country, Preprints Conference on Applied Climatology, 96-99.
- Edward N., 2009, Policies and technical guidelines for urban planning of high-density cities-air ventilation assessment (AVA) of Hong Kong, Building and Environment 44, 1478-1488.
- Eliasson I., Offerle B., Grimmond C. S. B., Lindqvist S., 2006, Wind fields and turbulence statistics in an urban street canyon, Atmospheric Environment 40, 1-16.
- Ellefsen R., 1990, Mapping and measuring buildings in the urban canopy boundary layer in the US cities, Energy and Buildings 15, 1025-1049.
- Ellefsen R., 1998, High Resolution Urban Morphology for Urban Wind Flow Modeling, Atmospheric Environment 32, 7-17.
- Grimmond C. S. B., Oke Tim. R., 1999, Aerodynamic Properties of Urban Areas Derived from Analysis of Surface Form, Journal of Applied Meteorology 38, 1262-1292.
- Hamdi R., Schayes G., 2008, Sensitivity study of the urban heat island intensity to urban characteristics, INTERNATIONAL JOURNAL OF CLIMATOLOGY 28, 973-982.
- Helbig A., Baumüller J., Kerschgens M. J., 1999, Stadtklima und Luftreinhaltung, Berlin.
- Oke T. R., 2006, INITIAL GUIDANCE TO OBTAIN REPRESENTATIVE METEOROLOGICAL OBSERVATIONS AT URBAN SITES, INSTRUMENTS AND OBSERVING METHODS REPORT 81, 9-10.
- Oke T. R., 2006, Towards better scientific communication in urban climate, Theoretical and Applied Climatology 84, 179-190.
- Scherer D., Fehrenbach U., Beha H.-D., Parlow E., 1999, Improved concept and method in analysis and evaluation of the urban climate for optimizing urban planning processes, Atmospheric Environment 33, 4185-4193.

Stadt Stuttgart, 1998, Klima-Messungen im Planungsgebiet Stuttgart 21, Untersuchungen zur Umwelt "Stuttgart", Heft, Stuttgart.

Steinecke K., 1999, Urban climatological studies in the Reykjavik subarctic environment, Iceland, Atmospheric Environment 33, 4157-4162.

최종원고채택 11. 06. 09